

PROCEDE POUR LA REALISATION D'UN FIL POUR RESSORT
ET FIL REALISE SELON CE PROCEDE

5 La présente invention concerne les fils ayant sensiblement la forme d'un cylindre pour la réalisation de ressorts avantageusement du type cylindrique en hélice ou analogues, mais aussi de barres de torsion ou analogues qui trouvent des applications dans de nombreux domaines industriels, particulièrement
10 avantageuses pour la réalisation de suspensions pour des véhicules automobiles, camions, véhicules ferroviaires ou analogues.

Il existe des fils ayant sensiblement la forme d'un cylindre pour la réalisation de ressorts, comportant au moins une première pluralité de couches de fibres enroulées en hélices, ces couches étant situées les unes sur les autres et imprégnées d'une matrice, les fibres étant généralement des fibres de verre et
15 la matrice une résine polymérisable de type époxy, vinylester ou polyester.

Ces fils pour ressort sont très intéressants car ils présentent l'avantage d'un poids par rapport au volume occupé très inférieur à celui des fils métalliques utilisés pour réaliser des ressorts permettant de fournir des efforts élastiques identiques.

20 La présente invention a pour but de mettre en œuvre un procédé pour réaliser de façon industrielle et particulièrement économique un perfectionnement aux fils du type défini ci-dessus connus de l'art antérieur, pour leur donner un module d'élasticité d'une beaucoup plus grande valeur, et ce, pour une même section de fil.

25 La présente invention concerne aussi un fil pour ressort obtenu par la mise en œuvre du procédé selon l'invention.

Plus précisément, la présente invention a pour objet un procédé pour réaliser un fil pour ressort comportant au moins une couche d'une fibre enroulée en hélice sur une partie dite "primaire" cylindrique de diamètre égal à D , la
30 tangente à ladite hélice faisant avec l'axe de la partie primaire un angle de valeur β , ladite couche étant en outre apte à être liée à la partie primaire par une matrice, la fibre, une fois enroulée autour de la partie primaire, présentant une section transversale sensiblement rectangulaire ayant une épaisseur E suivant la direction radiale de la partie primaire et une largeur E' suivant la direction

perpendiculaire à la tangente à l'hélice, le procédé consistant à préparer un entonnoir de forme tronconique, ledit entonnoir ayant une petite ouverture correspondant à la petite base de la forme tronconique, à préparer une réserve pour délivrer la fibre, à relier une des extrémités de ladite fibre à la partie primaire, et à animer ladite réserve d'un mouvement de rotation à une vitesse de valeur ω autour de l'axe de ladite partie primaire, ladite partie primaire étant translatée à une vitesse T dans l'entonnoir suivant son axe dans le sens de sa grande ouverture vers sa petite ouverture, caractérisé par le fait qu'il consiste en outre à faire pénétrer ladite fibre dans l'entonnoir par sa grande ouverture correspondant à la grande base de la forme tronconique, la valeur de l'angle au sommet dudit entonnoir étant sensiblement égal à 2β , la petite base de la forme tronconique dudit entonnoir ayant un diamètre égal à $D+2E$, la valeur ω de la vitesse de rotation de la réserve exprimée en tours par seconde et la valeur T de la vitesse de translation de la partie primaire exprimée en mètres par seconde étant liées par la relation suivante :

$$\omega = \frac{T}{D\pi[tg(\frac{\pi}{2} - \beta)]}$$

La présente invention a aussi pour objet un fil pour la réalisation d'un ressort, obtenu par le procédé défini ci-dessus, ledit fil ayant sensiblement la forme d'un cylindre et comportant au moins une première pluralité de couches de fibres enroulées, lesdites couches étant situées les unes sur les autres et imprégnées d'une matrice, caractérisé par le fait que ladite première pluralité de couches comporte au moins deux couches de fibres situées l'une sur l'autre, les fibres de ces deux couches étant enroulées en sens inverse l'une de l'autre suivant deux hélices coaxiales autour d'un même axe, respectivement à gauche et à droite, les tangentes à ces deux hélices formant, avec ledit axe, respectivement deux angles de valeurs β_x et β_{x-1} sensiblement égales respectivement à $\Delta+k\gamma$ et $-\Delta-k\gamma$, γ étant une fonction de la valeur du module d'élasticité pour le ressort à réaliser et k un facteur d'une valeur comprise entre zéro et un, la valeur Δ étant au plus égale sensiblement à $44,6^\circ$.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description suivante donnée en regard des dessins annexés à titre illustratif mais nullement limitatif, dans lesquels :

La figure 1 représente le schéma de principe d'une courbe en hélice avec ses principaux paramètres de définition selon les lois mathématiques,

Les figures 2 et 3 représentent deux vues d'un mode de réalisation d'un fil selon l'invention, la figure 2 étant une vue de face en écorché et la figure 3 une vue en coupe transversale schématique, et

La figure 4 représente un mode de réalisation de moyens permettant de mettre en œuvre le procédé selon l'invention pour la réalisation du fil selon l'invention.

Il est bien précisé que, sur les figures, les mêmes références désignent les mêmes éléments, quelle que soit la figure sur laquelle elles apparaissent et quelle que soit la forme de représentation de ces éléments. De même, si des éléments ne sont pas spécifiquement référencés sur l'une des figures, leurs références peuvent être aisément retrouvées en se reportant à une autre figure.

La figure 1 représente un schéma de principe d'une courbe en hélice avec ses principaux paramètres de définition selon les lois mathématiques. Cette courbe est référencée H_e sur cette figure et ses paramètres de définition, par exemple le pas de l'hélice P_{as} , sont connus. Ils sont notamment décrits page 272 du livre intitulé "GUIDE DU DESSINATEUR INDUSTRIEL" de A. CHEVALIER Edition 1984-1985, Librairie HACHETTE TECHNIQUE.

Ceci étant précisé, les figures 2 et 3 représentent un mode de réalisation d'un fil ayant sensiblement la forme d'un cylindre FR avantageusement de révolution, pour la réalisation d'un ressort, par exemple un ressort du type mentionné au préambule. Ce fil comporte au moins une première pluralité de couches C_{x-1} , C_x , ..., C_n de fibres enroulées F_b , les couches étant situées les unes sur les autres et imprégnées d'une matrice R_p .

Selon une caractéristique importante de l'invention, la première pluralité de couches comporte au moins deux couches C_{x-1} , C_x de fibres enroulées en sens inverse l'une de l'autre suivant deux hélices coaxiales autour d'un même axe 10, respectivement à gauche et à droite (en d'autres termes : le signe algébrique de l'angle d'hélice β_x est positif pour l'une et négatif pour l'autre).

Les tangentes à ces deux hélices forment, avec l'axe 10, deux angles de valeurs β_{x-1} et β_x sensiblement égales respectivement à $-(\Delta+k\gamma)$ et $\Delta+k\gamma$, γ étant une fonction de la valeur du module d'élasticité pour le ressort à réaliser et k un facteur d'une valeur comprise entre zéro et un. De ce fait, les tangentes aux hélices de deux couches consécutives peuvent faire avec l'axe 10 des angles de valeurs comprises entre Δ et respectivement $-(\Delta+\gamma)$ et $+(\Delta+\gamma)$, avec toutes les valeurs intermédiaires.

Les fibres Fb peuvent être de différente nature, par exemple des fibres de carbone, de Kevlar (Marque déposée), de Deenema (Marque déposée), de bore, etc. Mais elles seront avantageusement des fibres de verre. Quant à la matrice, elle peut aussi être de différente nature, par exemple en métal ou alliage léger à base d'aluminium, de magnésium, etc, ou en un matériau polymère thermoplastique, thermodurcissable, etc. Cependant, quand les fibres Fb sont des fibres de verre, la matrice est avantageusement une résine polymérisable thermodurcissable, de type époxy, polyester, vinylester, etc, comme celle qui est connue dans le commerce sous la référence Araldite (Marque déposée).

Les caractéristiques essentielles de l'invention décrites ci-dessus permettent d'atteindre les buts de l'invention définis ci-avant.

A titre d'application industrielle avantageuse, pour réaliser un fil pour ressort apte à travailler en compression, la première pluralité de couches comporte un nombre n pair ($n > 2$) de couches $C_1, \dots, C_{x-1}, C_x, \dots, C_n$ de fibres Fb situées les unes sur les autres, la couche C_1 étant la plus proche de l'axe 10. Les fibres sont enroulées en hélices toutes coaxiales autour de l'axe 10 et les hélices de deux couches consécutives $C_1, C_2 ; \dots ; C_{x-1}, C_x ; \dots ; C_{n-1}, C_n$ sont respectivement à gauche et à droite (angle d'enroulement de signes positif et négatif), les tangentes à ces hélices formant avantageusement avec cet axe 10 des angles de valeurs respectivement égales à, pour la première paire de couches C_1, C_2 : $-\Delta$ et Δ ; pour la deuxième paire de couches C_3, C_4 : $-(\Delta+2\alpha)$ et $\Delta+2\alpha$; pour la troisième paire de couches C_5, C_6 : $-(\Delta+4\alpha)$ et $\Delta+4\alpha$; et ainsi de suite jusqu'à la $\frac{n}{2}$ ième paire de couches C_{n-1}, C_n : $-(\Delta+(n-2)\alpha)$ et $\Delta+(n-2)\alpha$, avec Δ au plus égal sensiblement à $44,6^\circ$ et $-\alpha$ sensiblement égal à $\frac{\gamma}{n-2}$.

Cependant, de façon préférentielle, toujours dans le cas d'un fil pour la réalisation d'un ressort apte à travailler en compression, cette première pluralité de couches comporte n ($n \geq 2$) couches C_1, \dots, C_n de fibres F_b situées les unes sur les autres, la couche C_1 étant la plus proche de l'axe 10. Les fibres sont enroulées en hélices toutes coaxiales autour de l'axe, les hélices de deux couches consécutives étant respectivement à gauche et à droite (angle d'enroulement de signes positif et négatif) et les tangentes à ces hélices formant avec cet axe des angles de valeurs respectivement égales à :

$$-\Delta, +\Delta+\alpha, -(\Delta+2\alpha), \Delta+3\alpha, -(\Delta+4\alpha), \Delta+5\alpha, \dots, -(\Delta+(n-2)\alpha), \Delta+(n-1)\alpha$$

avec Δ au plus égal sensiblement à $44,6^\circ$ et $-\alpha$ sensiblement égal à $\frac{\gamma}{n-1}$.

Dans le cas d'un fil pour la réalisation d'un ressort apte à travailler en traction, la première pluralité de couches comporte un nombre n ($n > 2$) de couches C_1, \dots, C_n de fibres F_b situées les unes sur les autres, la couche C_1 étant la plus proche de l'axe 10 et les fibres étant enroulées en hélices toutes coaxiales autour de cet axe 10. Les hélices de deux couches consécutives $C_1, C_2; \dots; C_{n-1}, C_n$ sont respectivement à gauche et à droite (angle d'enroulement de signes positif et négatif) et les tangentes à ces hélices forment avec l'axe 10 des angles de valeurs respectivement égales avantageusement à, pour la première paire de couches C_1, C_2 : Δ et $-\Delta$; pour la deuxième paire de couches C_3, C_4 : $\Delta+2\alpha$ et

$-(\Delta+2\alpha)$; pour la troisième paire de couches C_5, C_6 : $\Delta+4\alpha$ et $-(\Delta+4\alpha)$; et ainsi de suite jusqu'à la $\frac{n}{2}$ ième paire de couches C_{n-1}, C_n : $\Delta+(n-2)\alpha$ et $-(\Delta+(n-2)\alpha)$,

avec Δ au plus égal sensiblement à $44,6^\circ$ et $-\alpha$ sensiblement égal à $\frac{\gamma}{n-2}$.

Mais, de façon préférentielle, toujours dans le cas d'un fil pour la réalisation d'un ressort apte à travailler en traction, la première pluralité de couches comporte n ($n \geq 2$) couches C_1, \dots, C_n de fibres F_b situées les unes sur les autres avec la couche C_1 la plus proche de l'axe 10. Les fibres sont enroulées en hélices toutes coaxiales autour de cet axe 10, les hélices de deux couches consécutives étant respectivement à gauche et à droite (angle d'enroulement de signes positif et négatif) et les tangentes à ces hélices forment avec cet axe des angles de valeurs respectivement égales à :

$\Delta, -(\Delta+1\alpha), \Delta+2\alpha, -(\Delta+3\alpha), \Delta+4\alpha, -(\Delta+5\alpha), \dots, \Delta+(n-2)\alpha, -(\Delta+(n-1)\alpha)$

avec Δ au plus égal sensiblement à $44,6^\circ$ et $-\alpha$ sensiblement égal à $\frac{\gamma}{n-1}$.

Les fils qui comportent une première pluralité de couches de fibres selon les caractéristiques définies ci-dessus donnent les meilleurs résultats recherchés quand cette première pluralité de couches est située en périphérie du cylindre FR, c'est-à-dire quand la couche de rang "n" se trouve la plus proche de la paroi latérale du fil et quand la couche de rang "1" est la plus proche de l'axe 10.

De ce fait, il apparaît que la structure de la partie centrale du fil n'est pas primordiale pour l'obtention d'un fil pour ressort ayant un très bon module élasticité par rapport à sa section. Aussi, dans un souci d'économie, le fil peut comporter, comme illustré sur les figures 2 et 3, une âme centrale Ac. Selon une réalisation possible, cette âme centrale Ac est constituée d'un matériau ayant un module d'élasticité en torsion faible, par exemple un jonc ou tube extrudé en un matériau métallique, thermoplastique ou thermodurcissable, ou de façon préférentielle un matériau viscoélastique permettant de conférer au ressort des propriétés d'amortissement de vibrations, ou bien des matériaux piézo-électriques, ou bien un jonc ou tube comprenant une matrice et des fibres de renforcement formant un angle par rapport à l'axe 10 de valeur inférieure à $44,6^\circ$. Préférentiellement, la valeur de cet angle sera égale à zéro degré, les fibres étant alors sensiblement parallèles entre elles et à l'axe 10.

Mais il est aussi possible que cette âme centrale Ac soit constituée d'un matériau ayant un module d'élasticité en torsion faible, comme mentionné ci-dessus, et d'une autre pluralité de couches de fibres situées concentriquement les unes sur les autres à la périphérie de l'âme centrale, les fibres étant préférentiellement enroulées en hélices coaxiales et les tangentes à ces hélices formant avec l'axe des hélices des angles de valeur avantageusement égale ou au plus égale sensiblement à $44,6^\circ$, ces fibres étant avantageusement de même nature que mentionnée auparavant.

Il est aussi préférable, sans que cela soit absolument nécessaire, que, dans cette autre pluralité de couches de fibres Fb, le nombre d'hélices à gauche soit sensiblement égal au nombre d'hélices à droite, sans pour autant qu'elles soient obligatoirement alternées à gauche et à droite.

Il est aussi avantageux que la couche située en périphérie du cylindre FR, c'est-à-dire la couche de rang "n", ainsi que les couches la précédant immédiatement, ait une épaisseur plus importante que les autres couches situées vers l'intérieur, de façon à donner aux couches externes une résistance plus grande à la déformation par torsion et éviter par exemple un effet de gonflement du fil lors de sa mise sous effort quand il constitue un ressort, en précisant que cette couche de rang "n" peut être une superposition de plusieurs couches de même épaisseur mais enroulées toutes dans le même sens et selon le même angle Δ tel que défini ci-dessus.

Sachant que ce fil est destiné à réaliser des ressorts comme mentionné au préambule de la présente description pour la constitution par exemple de suspensions de véhicules automobiles ou analogues, il est aussi préférable que le fil comporte en outre une gaine de protection 11 qui entoure extérieurement, au contact, la dernière couche C_n de la première pluralité de couches de fibres Fb.

Cette gaine peut être constituée d'une couche de matériau élastique, par exemple de silicone, caoutchouc, polyuréthane, d'une façon générique tout matériau thermodurcissable thermoplastique ou vulcanisable. Ce peut être également un matériau composite à base de fibres de Kevlar, de Deenema, de carbone, de verre, de téflon (Marque déposée) etc., déposées en hélices avec un angle de valeur supérieure à $44,6^\circ$, de préférence proche de 90° , en précisant que, par matériau composite, on entend un assemblage intime de fibres et de matrice.

Il est précisé que ces fils pour ressort sont avantageusement réalisés à partir de couches de fibres de verre liées entre elles au moyen d'une résine polymérisable qui a l'avantage de se polymériser lentement à faible température. De ce fait, il est possible de réaliser, par exemple, un ressort du type cylindrique en hélice, en enroulant le fil lorsque la résine n'est pas encore polymérisée, sur un moule ou analogue qui a la forme du ressort à obtenir. Cette technique est connue en elle-même et ne sera pas plus amplement décrite ici dans l'unique souci de ne pas compliquer la présente description.

Cependant, selon une réalisation préférentielle notamment avec certains matériaux constituant les fibres Fb, comme la valeur Δ doit être égale ou tendre à être égale à $44,6^\circ$ après déformation du fil du ressort sous, par exemple, un

couple de torsion, pour obtenir de façon plus certaine ce résultat, il est souhaitable d'enrouler les fibres avec une valeur d'angle dit "de pose" inférieure à $44,6^\circ$.

En effet, en sachant qu'un effet de torsion du fil ajoute, par exemple pour environ une dizaine de couches, jusqu'à 2° à l'angle de pose des fibres situées à la périphérie du fil, et uniquement $0,5^\circ$ pour les fibres situées à proximité de l'axe 10, il est avantageux de choisir, pour les fibres situées en surface du fil, un angle de pose égal à $44,6^\circ - 2^\circ$ et, pour les fibres situées à proximité de l'âme centrale ou de l'axe 10, un angle de pose égal à $44,6^\circ - 0,5^\circ$.

Le Demandeur a réalisé un tel fil pour ressort avec les matériaux définis ci-dessous, dans lequel la valeur de cet angle de pose diminuait de façon sensiblement continue depuis la première couche interne de rang "1" jusqu'à la couche externe de rang "n", entre $44,5^\circ$ et $42,1^\circ$, avec "n" sensiblement égal à dix.

En fait, quand le fil comporte plusieurs couches, comme ce sera le cas dans la réalité pour la réalisation industrielle de ressorts, la valeur Δ est plus grande pour la première couche située vers le centre du fil, c'est-à-dire la couche de rang "1" qui est la plus proche de l'axe 10, et pour les premières couches internes suivantes, que pour les couches situées en surface du fil, et elle décroît jusqu'à une valeur limite pour la couche de rang "n" qui se trouve la plus proche de la paroi latérale du fil ou à la périphérie du cylindre FR défini ci-avant. Pour un nombre "n" de couches d'environ dix, la valeur Δ diminue de façon sensiblement continue entre sensiblement $44,6^\circ$ et 42° depuis la première couche (C_1) au niveau de l'âme centrale jusqu'à la dernière couche (C_n) en périphérie.

La présente invention a aussi pour objet un procédé pour réaliser un fil comme ceux qui sont décrits ci-dessus. Une mise en œuvre possible de ce procédé est illustrée sur la figure 4.

Un mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention est décrit ci-après lorsque le fil doit comporter au moins une couche C d'une fibre enroulée en hélice sur une partie dite "primaire" 12 cylindrique de diamètre égal à D, la tangente à l'hélice faisant avec l'axe 100 de cette partie primaire 12 un angle de valeur β , la couche C étant en outre apte à être liée à la partie primaire 12 par une matrice R_p , la fibre, une fois enroulée autour de la partie primaire, présentant une section

transversale sensiblement rectangulaire ayant une épaisseur E suivant la direction radiale de la partie primaire 12 et une largeur E' suivant la direction perpendiculaire à la tangente à l'hélice.

Il est bien précisé que la partie primaire peut être de tout type, par exemple
5 l'âme centrale Ac définie ci avant.

Le procédé consiste, par référence à la figure 4, à préparer un entonnoir 13 de forme sensiblement tronconique, avantageusement de révolution, d'angle au sommet sensiblement égal à 2β , cet entonnoir ayant une petite ouverture 14 correspondant à la petite base de la forme tronconique de diamètre égal à $D+2E$,
10 cette petite ouverture étant avantageusement bordée par un manchon 20 ayant un orifice d'entrée sensiblement de même diamètre que celui de l'ouverture 14 (ou éventuellement d'une valeur très légèrement supérieure).

Il est aussi avantageux que l'orifice de sortie du manchon 20 ait une forme autre qu'un cercle, par exemple soit en forme d'ellipse ou analogue quand il est
15 nécessaire d'obtenir un fil selon l'invention présentant une section en ellipse. Bien entendu, d'autres formes sont possibles, selon la forme souhaitée pour la section du fil.

Il consiste aussi à préparer une réserve 15 pour délivrer la fibre $Fb1$, par exemple une bobine de fibre de verre dans le cas de la possibilité avantageuse
20 mentionnée précédemment.

Une 16 des extrémités de la fibre est reliée à la partie primaire 12, cette fibre $Fb1$ pénétrant dans l'entonnoir 13 par sa grande ouverture 24 correspondant à la grande base de la forme tronconique, avant de s'enrouler autour de la partie primaire 12 de façon qu'elle vienne "lécher" la paroi intérieure tronconique de
25 l'entonnoir, comme illustré sur la figure 4.

Le procédé consiste ensuite à animer la réserve 15 d'un mouvement de rotation R à une vitesse de valeur ω autour de l'axe 100 de la partie primaire 12, cette partie primaire étant en outre translatée 17 dans l'entonnoir 13, par rapport à ce dernier suivant son axe et dans le sens de sa grande ouverture 24 vers sa
30 petite ouverture 14.

De plus, la valeur ω de la vitesse de rotation de la réserve 15 est une fonction de la valeur T de la vitesse de translation de la partie primaire 12.

Selon une réalisation possible qui donne des résultats intéressants, la valeur ω exprimée en tours par seconde et la valeur T exprimée en mètres par seconde sont liées par la relation suivante :

$$\omega = \frac{T}{D\pi[\operatorname{tg}(\frac{\pi}{2} - \beta)]}$$

5 Le mode de mise en œuvre du procédé décrit ci-dessus est limité à la réalisation d'une couche C ne comportant qu'une seule hélice. Mais, pour obtenir des fils résistants et ayant un module d'élasticité qui les rendent aptes à être utilisés pour la réalisation de ressorts comme mentionné auparavant, il est bien évident que la couche C comportera un nombre fini d'hélices situées au contact
10 les unes à côté des autres et enroulées sur la même partie primaire 12, pour obtenir une couche C la plus pleine possible, comme pour la réalisation du fil pour ressort illustré sur la figure 2.

Dans ce cas, le procédé consiste à préparer X réserves 15-1, 15-2, ..., chacune d'une ou plusieurs fibres, une extrémité de chaque fibre étant reliée à la
15 partie primaire 12, les X fibres pénétrant dans l'entonnoir 13 par sa grande ouverture 24, à animer les réserves d'un mouvement de rotation R à la même vitesse de rotation de valeur ω autour de l'axe 100 de la partie primaire, tout en translatant à la vitesse de valeur T la partie primaire 12 vers la petite ouverture de l'entonnoir, le nombre X de ces réserves étant égal à :

$$20 \quad X = \pi \cdot \frac{D}{E'} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right)$$

Comme mentionné ci-dessus, au fur et à mesure que la fibre s'enroule en hélice autour de la partie primaire 12, la partie primaire portant la fibre enroulée se translate à la vitesse T.

Il est possible que cette translation soit choisie selon l'un des deux modes
25 suivants : translation en continu, translation pas à pas.

La translation en continu est envisageable, mais il est bien évident qu'elle ne peut être obtenue qu'en exerçant une traction continue sur l'extrémité émergente de la partie primaire avec la fibre enroulée. Cette technique peut présenter deux inconvénients qui peuvent dans certains cas être gênants, à
30 savoir le fait que la partie primaire avec la fibre enroulée s'étire de façon involontaire et que, lors de cet étirement, même s'il s'annule à la fin de la traction,

il se produise un essorage de cette partie primaire avec la fibre enroulée, au risque d'entraîner des modifications de la valeur de l'angle de pose des fibres, une perte de résine polymérisable, et de nuire ainsi à la bonne réalisation du fil.

Aussi, est-il avantageux, dans certains cas, d'imprimer à la partie primaire
5 avec la fibre enroulée un mouvement de translation pas à pas.

Cette translation pas à pas est obtenue par exemple en appliquant un mouvement oscillant à l'entonnoir 13 suivant son axe, la petite ouverture 14 présentant une forme de manchon 20 sensiblement cylindrique comportant une denture d'engrenage sur la surface de sa paroi intérieure, de préférence une
10 micro-denture.

Cette denture d'engrenage est constituée par exemple par une ou plusieurs rangées de dentures en forme dent de scie 40, chaque dent de scie, représentée en "loupe" sur la figure 4, ayant un flanc 41 à pente faible du côté amont, l'autre flanc 42 du côté aval étant préférentiellement perpendiculaire à
15 l'axe de l'entonnoir 13, ces dents de scie étant en outre réparties de façon continue ou discontinue sur la paroi intérieure du manchon 20, disposées soit parallèles entre elles soit suivant une ou des hélices de même pas que les hélices que forment les fibres Fb.

Ces micros dentures peuvent être continues ou discrètes et être réalisées
20 à partir de gravures ou stries prises dans le matériau garnissant l'alésage du manchon 20. Elles peuvent également être constituées de poils ou écailles couchés vers la sortie d'axe, parallèles à l'axe du manchon 20 ou préférentiellement perpendiculaires aux hélices que forment les fibres Fb ou les micro reliefs de la dernière couche de surface du fil. De façon préférentielle, les
25 dentures sont de la même échelle que les microreliefs de surface que forment les fibres Fb ou microreliefs de la dernière couche de surface du fil.

Avec cette réalisation de denture, en donnant à l'entonnoir des micros oscillations suivant son axe, on obtient une translation pas à pas de la partie
primaire 12 avec la fibre Fb enroulée. En effet, celles-ci « sautent » d'une micro
30 dent à la micro dent immédiatement suivante le long de l'alésage du manchon 20. Si l'amplitude des oscillations est faible, typiquement du pas du micro relief, la translation peut être considérée comme une translation continue de vitesse moyenne T et il est alors possible d'animer la ou les réserves 15 d'un mouvement de rotation R à une vitesse de valeur ω continue telle que définie ci-dessus.

Il a été décrit ci-dessus un exemple de mise en œuvre du procédé selon l'invention pour la réalisation d'une couche C sur une partie primaire 12 comportant une ou plusieurs fibres enroulées en hélices, ces hélices étant toutes enroulées dans le même sens.

5 Cependant, comme mentionné précédemment, le fil selon l'invention pour ressort comporte avantageusement une pluralité de couches de fibres enroulées en hélices alternativement en sens contraires les unes par rapport aux autres.

10 La partie I de la figure 4 illustre la réalisation d'une première couche de fibres enroulées en hélices sur la partie primaire 12 dans le sens indiqué par la flèche R. La partie II de la même figure illustre la réalisation d'une seconde couche de fibres enroulées en hélices sur la première couche dans le sens opposé indiqué par la flèche R'. La partie primaire pour la réalisation de la seconde couche est alors constituée par la partie primaire 12 pour la réalisation de la première couche et cette première couche.

15 La figure 4 représente dans son ensemble la réalisation de deux couches de fibres enroulées en hélices en sens opposés, qui nécessite deux entonnoirs différents.

20 Selon un autre mode de mise en œuvre du procédé, il est possible de réaliser au moins deux couches de fibres enroulées en hélices en sens opposés l'une sur l'autre, en n'utilisant qu'un seul entonnoir.

25 Aussi, pour un fil qui doit comporter n couches C de fibres Fb ayant chacune une épaisseur E et étant enroulées en n hélices l'une sur l'autre de façon coaxiale, respectivement à gauche et à droite sur une partie dite "primaire" 12 cylindrique de diamètre égal à D, les tangentes aux n hélices faisant avec l'axe 100 de la partie primaire des angles de valeurs respectives $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ progressives entre $-\Delta\gamma$ et $\Delta\gamma$, les n couches C étant en outre aptes à être liées entre elles et à la partie primaire 12 par une matrice Rp, le procédé selon l'invention consiste à préparer un entonnoir 13 de forme tronconique d'angle au sommet égal à $2(\Delta\gamma)$, cet entonnoir ayant une petite ouverture 14 correspondant
30 à la petite base de la forme tronconique de diamètre égal à $D+2nE$, à préparer n réserves 15 de fibres, à relier une 16 des extrémités des n fibres à la partie primaire 12, les n fibres pénétrant dans l'entonnoir 13 par sa grande ouverture 24 correspondant à la grande base de la forme tronconique, et à animer les n réserves 15 d'un mouvement de rotation en sens inverse les unes des autres à

des vitesses de rotation de valeurs respectives $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ autour de l'axe 100 de la partie primaire 12, la partie primaire étant translatée 17 dans l'entonnoir 13 suivant son axe dans le sens de sa grande ouverture 24 vers sa petite ouverture 14, les valeurs $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ des vitesses de rotation respectives des n réserves 15 étant fonctions de la valeur T de la vitesse de translation de la partie primaire et de l'angle de pose β local visé.

Comme mentionné précédemment, les fibres doivent être liées à la partie primaire 12 et entre elles au moyen d'une matrice liquide telle que de la résine polymérisable si les fibres sont des fibres de verre. Il est donc souhaitable de mouiller avec cette matrice la partie primaire 12 et les fibres elles-mêmes avant de les enrouler en hélices. On peut imprégner chaque fibre par tout procédé connu de l'homme de l'art, notamment en amont de la convergence dans le ou les entonnoirs.

De façon préférentielle, le procédé consiste en outre à remplir l'entonnoir 13 d'une matrice liquide Rp préalablement à la mise en rotation d'au moins une réserve 15 et à la translation de la partie primaire 12.

Il est avantageux de positionner le ou les entonnoirs 13 de façon que leurs axes soient verticaux et coaxiaux. Dans ce cas, la matrice demeure parfaitement contenue dans l'entonnoir puisque la petite ouverture 14 a une section égale à la section totale de la partie primaire recouverte de couches de fibres. En conséquence, la matrice ne coule pas par l'ouverture 14, même en cas d'arrêt de production, mais n'est entraînée que par les déplacements de la partie primaire 12 et des fibres s'enroulant sur elle, tout en les imprégnant parfaitement pour assurer une bonne liaison entre elles. En léchant la paroi intérieure de l'entonnoir comme indiqué plus haut, les fibres assurent son curage et évitent la formation d'une couche de résine « morte » qui risquerait de polymériser et donc d'encrasser la paroi de l'entonnoir.

Il est avantageux de travailler à une température relativement faible, typiquement de l'ordre de 10°C, pour bénéficier des meilleures propriétés de mise en œuvre de la matrice.

Il est enfin à noter que, lorsque l'entraînement se fait en final sur la gaine de protection 11 quand elle est constituée de fibres et de matrice comme mentionné ci-dessus, l'alésage du manchon 20 peut dans ce cas présenter une surface semblable au produit connu sous la marque "VELCRO" ou analogue.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour réaliser un fil pour ressort comportant au moins une couche (C) d'une fibre enroulée en hélice sur une partie dite "primaire" (12) cylindrique de diamètre égal à D, la tangente à ladite hélice faisant avec l'axe (100) de la partie primaire (12) un angle de valeur β , ladite couche (C) étant en outre apte à être liée à la partie primaire (12) par une matrice (Rp), la fibre, une fois enroulée autour de la partie primaire, présentant une section transversale sensiblement rectangulaire ayant une épaisseur E suivant la direction radiale de la partie primaire (12) et une largeur E' suivant la direction perpendiculaire à la tangente à l'hélice, le procédé consistant à préparer un entonnoir (13) de forme tronconique, ledit entonnoir ayant une petite ouverture (14) correspondant à la petite base de la forme tronconique, à préparer une réserve (15) pour délivrer la fibre (Fb1), à relier une (16) des extrémités de ladite fibre à la partie primaire (12), et à animer ladite réserve (15) d'un mouvement de rotation (R) à une vitesse de valeur ω autour de l'axe (100) de ladite partie primaire (12), ladite partie primaire étant translatée (17) à une vitesse T dans l'entonnoir (13) suivant son axe dans le sens de sa grande ouverture (24) vers sa petite ouverture (14), **caractérisé par le fait qu'il** consiste en outre à faire pénétrer ladite fibre (Fb1) dans l'entonnoir (13) par sa grande ouverture (24) correspondant à la grande base de la forme tronconique, la valeur de l'angle au sommet dudit entonnoir (13) étant sensiblement égal à 2β , la petite base de la forme tronconique dudit entonnoir ayant un diamètre égal à $D+2E$, la valeur ω de la vitesse de rotation de la réserve (15) exprimée en tours par seconde et la valeur T de la vitesse de translation de la partie primaire (12) exprimée en mètres par seconde étant liées par la relation suivante :

$$\omega = \frac{T}{D\pi\left[\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right)\right]}$$

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait qu'il consiste à préparer X réserves (15-1, 15-2, ...), chacune d'une fibre, une extrémité de chaque fibre étant reliée à la partie primaire (12), les X fibres pénétrant dans

l'entonnoir (13) par sa grande ouverture (24), et à animer lesdites réserves d'un mouvement de rotation (R) à la même vitesse de rotation de valeur ω autour de l'axe (100) de la partie primaire, tout en translatant à la vitesse de valeur T ladite partie primaire (12) vers la petite ouverture de l'entonnoir, le nombre X de ces réserves étant égal à :

$$X = \pi \cdot \frac{D}{E'} \cdot \sin \left(\frac{\pi}{2} - \beta \right)$$

3. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé par le fait que ladite translation est choisie selon l'un des deux modes suivants : translation en continu, translation pas à pas.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé par le fait que la translation pas à pas est obtenue en appliquant un mouvement oscillant au dit entonnoir (13) suivant son axe, la petite ouverture (14) présentant une forme sensiblement cylindrique et comportant une denture d'engrenage sur la surface de sa paroi intérieure.

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4 pour réaliser un fil pour ressort, le fil comportant n couches (C) de fibres (Fb) ayant chacune une épaisseur E et étant enroulées en n hélices l'une sur l'autre de façon coaxiale, respectivement à gauche et à droite, sur une partie dite "primaire" (12) cylindrique de diamètre égal à D, les tangentes aux n dites hélices faisant avec l'axe (100) de la partie primaire des angles de valeurs respectives $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ progressives entre $-\Delta + \gamma$ et $\Delta + \gamma$, lesdites n couches (C) étant en outre aptes à être liées entre elles et à la partie primaire (12) par une matrice (Rp), caractérisé par le fait qu'il consiste :

- à préparer un entonnoir (13) de forme tronconique d'angle au sommet sensiblement égal à $2(\Delta + \gamma)$, ledit entonnoir ayant une petite ouverture (14) correspondant à la petite base de la forme tronconique de diamètre égal à $D + 2nE$,

- à préparer n réserves (15) de fibres,

- à relier une (16) des extrémités des n fibres à la partie primaire (12), ces n fibres pénétrant dans l'entonnoir (13) par sa grande ouverture (24) correspondant à la grande base de la forme tronconique, et

- à animer les n réserves (15) d'un mouvement de rotation (R) en sens inverses les unes des autres à des vitesses de rotation de valeurs respectives $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ autour de l'axe (100) de la partie primaire (12), ladite partie primaire étant translaturée (17) dans l'entonnoir (13) suivant son axe dans le sens de sa grande ouverture (24) vers sa petite ouverture (14), les valeurs $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ des vitesses de rotation respectives des n réserves (15) étant fonctions de la valeur T de la vitesse de translation de la partie primaire.

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé par le fait qu'il consiste en outre à remplir ledit entonnoir (13) d'une matrice liquide (Rp) préalablement à la mise en rotation d'au moins une réserve (15) et à la translation de la partie primaire.

7. Procédé selon l'une des revendications 5 et 6, caractérisé par le fait qu'il consiste à border la petite ouverture (14) de l'entonnoir (13) par un manchon (20) ayant un orifice d'entrée sensiblement de même diamètre que celui de ladite petite ouverture et un orifice de sortie (20) d'une forme adaptée à celle de la section souhaitée pour le fil.

8. Fil pour la réalisation d'un ressort, obtenu par le procédé selon au moins l'une des revendications 1 à 7, ledit fil ayant sensiblement la forme d'un cylindre (FR) et comportant au moins une première pluralité de couches ($C_1, \dots, C_{x-1}, C_x, \dots, C_n$) de fibres enroulées (Fb), lesdites couches étant situées les unes sur les autres et imprégnées d'une matrice (Rp), caractérisé par le fait que ladite première pluralité de couches comporte au moins deux couches (C_{x-1}, C_x) de fibres situées l'une sur l'autre, les fibres de ces deux couches étant enroulées en sens inverse l'une de l'autre suivant deux hélices coaxiales autour d'un même axe (10), respectivement à gauche et à droite, les tangentes à ces deux hélices formant, avec ledit axe (10), respectivement deux angles de valeurs β_{x-1} et β_x sensiblement égales respectivement à $\Delta + \gamma$ et $-\Delta - \gamma$, γ étant une fonction de la valeur du module d'élasticité pour le ressort à réaliser et k un facteur d'une valeur comprise entre zéro et un, la valeur Δ étant au plus égale sensiblement à $44,6^\circ$.

9. Fil selon la revendication 8 pour la réalisation d'un ressort apte à travailler en compression, caractérisé par le fait que ladite première pluralité de couches comporte un nombre n pair de couches C_1, \dots, C_n de fibres (Fb) situées

les unes sur les autres, la couche C_1 étant la plus proche du dit axe (10), lesdites fibres étant enroulées en hélices toutes coaxiales autour du dit axe (10), les hélices de deux couches consécutives $C_1, C_2 ; \dots ; C_{n-1}, C_n$ étant respectivement à gauche et à droite, et les tangentes à ces hélices formant avec ledit axe des angles de valeurs respectivement égales à,

pour la première paire de couches $C_1, C_2 : -\Delta$ et Δ ;

pour la deuxième paire de couches $C_3, C_4 : -(\Delta+2\alpha)$ et $+\Delta+2\alpha$;

pour la troisième paire de couches $C_5, C_6 : -(\Delta+4\alpha)$ et $\Delta+4\alpha$;

et ainsi de suite jusqu'à la $\frac{n}{2}$ ième paire de couches C_{n-1}, C_n :

10 $-(\Delta+(n-2)\alpha)$ et $\Delta+(n-2)\alpha$,

avec Δ au plus égal sensiblement à $44,6^\circ$ et $-\alpha$ sensiblement égal à $\frac{\gamma}{n-2}$.

10. Fil selon la revendication 8 pour la réalisation d'un ressort apte à travailler en compression, caractérisé par le fait que ladite première pluralité de couches comporte n couches C_1, \dots, C_n de fibres (Fb) situées les unes sur les autres, la couche C_1 étant la plus proche du dit axe (10), enroulées en hélices toutes coaxiales autour du dit axe (10), les hélices de deux couches consécutives étant respectivement à gauche et à droite, et les tangentes à ces hélices formant avec ledit axe des angles de valeurs respectivement égales à :

20 $-\Delta, +\Delta+\alpha, -(\Delta+2\alpha), \Delta+3\alpha, -(\Delta+4\alpha), \Delta+5\alpha, \dots, -(\Delta+(n-2)\alpha), \Delta+(n-1)\alpha$

avec Δ au plus égale sensiblement à $44,6^\circ$ et $-\alpha$ sensiblement égal à $\frac{\gamma}{n-1}$.

11. Fil selon la revendication 8 pour la réalisation d'un ressort apte à travailler en traction, caractérisé par le fait que ladite première pluralité de couches comporte un nombre n pair de couches C_1, \dots, C_n de fibres (Fb) situées les unes sur les autres, la couche C_1 étant la plus proche du dit axe (10), lesdites fibres étant enroulées en hélices toutes coaxiales autour du dit axe (10), les hélices de deux couches consécutives $C_1, C_2 ; \dots ; C_{n-1}, C_n$ étant respectivement à gauche et à droite, et les tangentes à ces hélices formant avec ledit axe des angles de valeurs respectivement égales à,

pour la première paire de couches C_1, C_2 : Δ et $-\Delta$;

pour la deuxième paire de couches C_3, C_4 : $\Delta+2\alpha$ et $-(\Delta+2\alpha)$;

pour la troisième paire de couches C_5, C_6 : $\Delta+4\alpha$ et $-(\Delta+4\alpha)$;

et ainsi de suite jusqu'à la $\frac{n}{2}$ ième paire de couches C_{n-1}, C_n :

5 $\Delta+(n-2)\alpha$ et $-(\Delta+(n-2)\alpha)$,

avec Δ au plus égale sensiblement à $44,6^\circ$ et $-\alpha$ sensiblement égal à $\frac{\gamma}{n-2}$.

12. Fil selon la revendication 8 pour la réalisation d'un ressort apte à travailler en traction, caractérisé par le fait que ladite première pluralité de
10 couches comporte n couches C_1, \dots, C_n de fibres (Fb) situées les unes sur les autres, la couche C_1 étant la plus proche du dit axe (10), les fibres étant enroulées en hélices toutes coaxiales autour dudit axe (10), les hélices de deux couches consécutives étant respectivement à gauche et à droite, et les tangentes à ces hélices formant avec ledit axe des angles de valeurs respectivement égales
15 à :

$\Delta, -(\Delta+1\alpha), \Delta+2\alpha, -(\Delta+3\alpha), \Delta+4\alpha, -(\Delta+5\alpha), \dots, \Delta+(n-2)\alpha, -(\Delta+(n-1)\alpha)$

avec Δ au plus égale sensiblement à $44,6^\circ$ et $-\alpha$ sensiblement égal à $\frac{\gamma}{n-1}$.

13. Fil selon l'une des revendications 8 à 12, caractérisé par le fait que
20 ladite première pluralité de couches est située en périphérie du cylindre (FR).

14. Fil selon l'une des revendications 8 à 13, caractérisé par le fait qu'il comporte en outre une âme centrale (Ac).

15. Fil selon la revendication 14, caractérisé par le fait que ladite âme centrale (Ac) est constituée d'un matériau ayant un module d'élasticité en torsion
25 faible.

16. Fil selon la revendication 14, caractérisé par le fait que ladite âme centrale (Ac) est constituée d'un matériau ayant un module d'élasticité en torsion faible et d'une seconde pluralité de couches de fibres situées concentriquement les unes sur les autres à la périphérie de l'âme centrale, les fibres étant enroulées

en hélices coaxiales et les tangentes à ces hélices formant, avec l'axe (10) des hélices, des angles de valeur absolue au plus égale sensiblement à 44,6°.

17. Fil selon la revendication 16, caractérisé par le fait que, dans la seconde pluralité de couches de fibres (Fb), le nombre d'hélices à gauche est
5 égal au nombre d'hélices à droite.

18. Fil selon l'une des revendications 8 à 17, caractérisé par le fait qu'il comporte en outre une gaine de protection (11) entourant extérieurement au contact la dernière couche (C_n) de la première pluralité de couches de fibres (Fb).

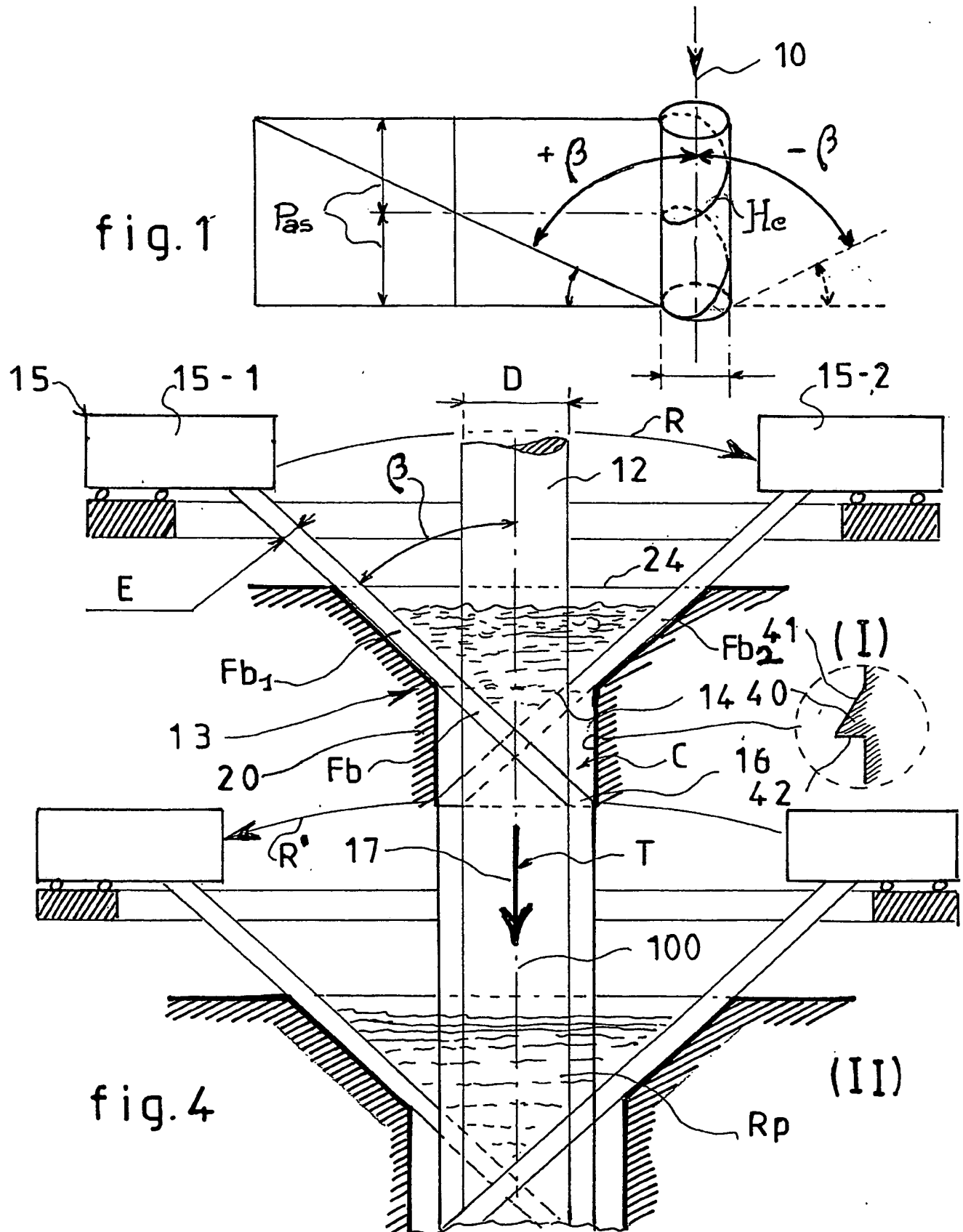
19. Fil selon l'une des revendications 8 à 18, caractérisé par le fait que
10 lesdites fibres sont des fibres de verre et que ladite matrice (Rp) est une résine polymérisable.

20. Fil selon l'une des revendications 8 à 19, caractérisé par le fait que la couche située en périphérie du cylindre (FR) a une épaisseur plus importante que les couches situées à l'intérieur.

15 21. Fil selon l'une des revendications 8 à 20, caractérisé par le fait que la valeur Δ pour la couche (C_{x-1}) la plus proche du dit axe (10) est supérieure à la valeur Δ pour la couche (C_x) la plus proche de la périphérie du cylindre (FR).

22. Fil selon la revendication 21, caractérisé par le fait que, comportant une pluralité de couches d'environ une dizaine, (C_1, \dots, C_n), ladite valeur Δ
20 diminue de façon sensiblement continue entre sensiblement 44,6° et 42° depuis la première couche (C_1) au niveau de l'âme centrale jusqu'à la dernière couche (C_n) en périphérie.

1/2



2 / 2

